

濁質共存下における大腸菌ファージの紫外線消毒効率評価

The effect of turbidity on UV disinfection of bacteriophage Qβ by two UV lamps

9930122 役山由里子 大瀧雅寛

Yuriko YAKUYAMA and Masahiro OTAKI

お茶の水女子大学 環境工学研究室

1. はじめに

紫外線消毒は設備が単純，維持管理が容易，副生成物が生成しにくい等の長所から，現在中心となっている塩素消毒の代替法として検討されている。しかし，紫外線消毒による微生物の不活化においては水中にどれだけ紫外線が透過するか，すなわち光を遮ることになる水中の懸濁物質の存在が大きな問題となる。また懸濁物質は対象微生物の吸着能を持っており，それが不活化に影響を及ぼす因子となると考えられる。特に，紫外線消毒は下処理において，実際に適用されつつあるが，このような水には高濃度で懸濁物質が含まれる場合も多い。従って紫外線消毒における懸濁物質の影響について研究する必要がある。

そこで本研究では，低圧 UV ランプ及びパルスキセノンランプを用い，大腸菌ファージ Qβ の不活化効果による消毒効率の評価を行った。この評価法により，透過光の遮へい及び対象微生物の吸着による影響について各ランプの比較検討を行った。

2. 実験方法

光源として低圧ランプ（東芝製殺菌ランプ，20 W），パルスキセノンランプ（(株) 岩崎電気社製）を用いた。また濁質には上水濃縮汚泥を適宜希釈したものを使用した。

〈実験 1〉：濁度下における消毒効率評価

シャーレ（内径 5.4 cm）に Qβ 試料 10 mL（濁度 0 NTU，濁度 234 NTU）をそれぞれ入れ，UV ランプ下 17.5 cm に配置し，照射実験を行った。Qβ は，宿主菌として *E.coli* K12 F\* (A/λ) を用いる二重寒天法であるブラック法により測定した。

〈実験 2〉：濁質への吸着及び浮遊ファージの消毒効率評価

濁度 50 NTU の Qβ 試料をスターラーにより 60 分間攪拌したものを濾過し，低圧ランプにより UV 照射を行った後，濁質とろ液に含まれるファージ濃度をそれぞれ測定した。また，濁質溶液中の存在状態で浮遊 Qβ とはろ液に含まれていたもの，吸着 Qβ とは全 Qβ より浮遊 Qβ を除いたものを指す。

3. 実験結果と考察

〈結果 1〉

Fig.1 に低圧ランプによる大腸菌ファージ Qβ の不活化実験結果を示す。

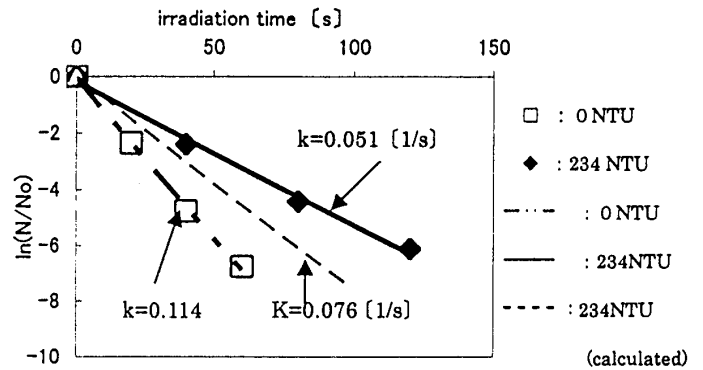


Fig1. Turbidity effect on inactivation of phage Qβ by low pressure lamp

Fig.2 にパルスランプによる大腸菌ファージ Qβ の不活化実験結果を示す。

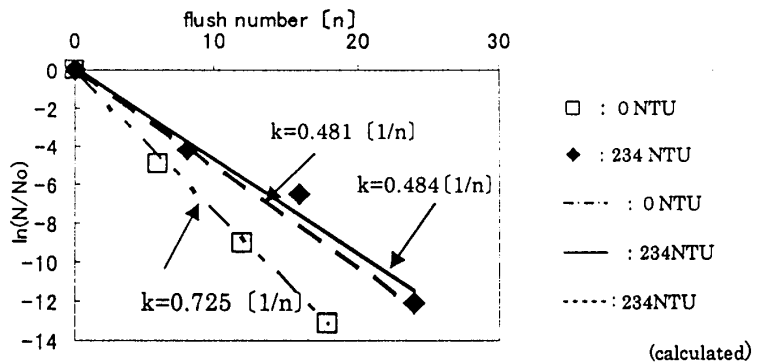


Fig2. Turbidity effect on inactivation of phage Qβ by pulsed Xe lamp

濁質共存下における各試料の Qβ の不活化速度から算出したシャーレ内平均有効殺菌線量率と，濁質吸光度から算出した理論値を Table.1 に示す。

Table.1: Calculated and observed germicidal intensity in solution with/without turbidity [mW/cm<sup>2</sup>]

Turbidity concentration			
[NTU]	0	234	
Low pressure UV	0.668	0.299	observed
		(0.476)	calculated
Pulsed Xe UV	4.262	2.831	observed
		(3.03)	calculated

Table.1 より，吸光度を考慮に入れた理論値と実測値を

比較すると、低圧ランプでは理論値よりも殺菌線量率が低下することが示された。またパルスランプではほぼ予想通りの値が観察された。従ってランプの違いにより、濁質液ではその殺菌の機構も異なる可能性が考えられた。そこで吸光度以外の指標である吸着能についても考慮に入れる必要があることが示された。

〈結果 2〉

Fig.3 に低圧ランプにより UV 照射した濁質 Qβ 試料を各部分に分離測定した Qβ の不活化率を示す。

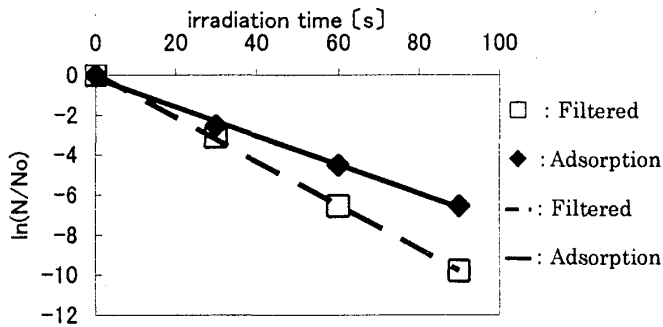


Fig.3.The each part survival ratio of phage Qβ by low pressure lamp

Table.2 に各部分の Qβ 不活化速度定数を示す。

Table.2 Inactivation rate of Qβ with Turbidity by low pressure lamp [1/sec]

Total	Adsorption	Filtered	calculated
0.073	0.072	0.110	0.094

Table.2 より吸着 Qβ の不活化率は浮遊 Qβ に比べて小さくなった。従って大部分の Qβ が濁質に吸着されているので、全体の Qβ 不活化率が減少したと考えられる。以上のことにより、低圧ランプ下では Qβ の存在状態によって、不活化速度が異なることから、新たな Qβ 不活化モデルを以下の(1)式のように提案することができる。

$$N_{全t}/N_{全0} = (1-a)exp(-k \cdot I_{ave} \cdot t) + a \exp(-k \cdot b \cdot I_{ave} \cdot t) \dots(1)$$

N<sub>全t</sub>:紫外線照射 t(s)後の Qβ 濃度 (PFU/mL)

N<sub>全0</sub>:紫外線照射前の Qβ 濃度 (PFU/mL)

k:Qβ の不活化速度定数 0.17 (cm<sup>2</sup>/mWs)

I<sub>ave</sub>:試料の吸光度より算出した紫外線線量率 (mW/cm<sup>2</sup>)

a:吸着率

b:吸着による不活化速度悪化率

Fig.4 にパルスランプにより、UV 照射した濁質 Qβ 試料を各部分に分離測定した Qβ の不活化率を示す。

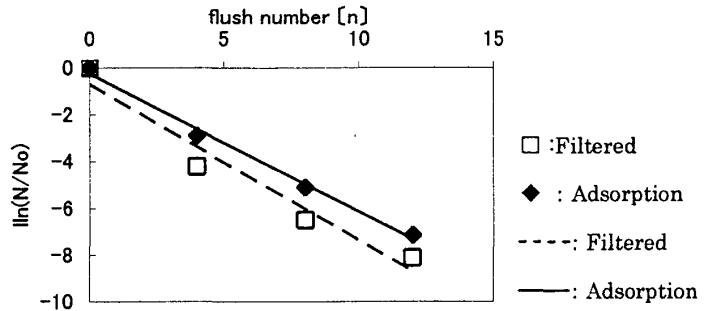


Fig.4. The each part survival ratio of Coli phage Qβ by pulsed lamp

Table.3 に各部分の Qβ 不活化速度定数を示す。

Table.3 Inactivation rate of Qβ with Turbidity by pulsed lamp [1/n]

Total	Adsorption	Filtered	calculated
0.59	0.59	0.67	0.60

パルスランプでは吸着 Qβ と浮遊 Qβ の不活化速度に大きな差が見られなかったことから、吸光理論による光減衰の理論値が吸着 Qβ にもそのまま適用できるという結果となった。

4. まとめ

試料が濁質を含む場合、吸着 Qβ に対してパルスランプは吸光理論に従った殺菌効率減少が起こり、低圧ランプでは理論よりも殺菌効率が減少することがわかった。これは浮遊 Qβ については両ランプともほぼ理論値にあたる不活化速度で減少するが、吸着 Qβ に対しては両ランプが異なった消毒効率を持つことが原因ではないかと考えられる。一般に廃水処理などで消毒対象となる水は濁度が高いものも多いので、パルスの方が相対的に消毒効果が高くなる可能性が示された。

また低圧で濁質を含む対象水においては従来と異なった Qβ 不活化モデルが適用されるという研究結果となった。

5. 参考文献

- 1) 田嶋恵子「UVランプによる殺菌処理における濁質影響」平成13年度卒業論文
- 2) M.Otaki et al. "Inactivation Differences of Microorganisms by Low Pressure UV and Pulsed Xe Lamps" Proc.of IWA world water congress 2002
- 3) 佐藤敦久 「水処理—その新しい展開—」 技報堂出版, 1993
- 4) 微生物試験, 上水試験法解説編, 日本水道協会, 1993